

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 197 45 950 A 1

⑮ Int. Cl. 6:
A 61 K 9/14

- ⑯ Anmelder:
dds drug delivery service Gesellschaft zur Förderung der Forschung in pharmazeutischer Technologie und Biopharmazie mbH, 24119 Kronshagen, DE
- ⑰ Vertreter:
Uexküll & Stolberg, 22607 Hamburg
- ⑱ Erfinder:
Müller, Rainer, Prof. Dr., 12161 Berlin, DE; Lück, Martin, 10965 Berlin, DE; Kreuter, Jörg, Prof. Dr., 61350 Bad Homburg, DE
- ⑲ Entgegenhaltungen:
EP 04 81 701 A1
Borchard G., in Müller, Hildebrand [Hrsg.]: Pharmazeutische Technologie: Moderne Arzneiformen, wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1997, Kap.24.4 S.295;
Gregoriadis: Liposome Technology Vol.III, CRC Press, Boca Raton 1993, Kapitel 1, VI, S.6 u.7;
New: Liposomes: a practical approach, Oxford University Press 1990, N.Y., Kap.4, S.163-182;
CA: 127:322742s, Reusen et al: Human recombinant apolipoprotein E-enriched liposomes can mimic low-density lipoproteins as carriers for the site-spe-

cific delivery of antitumor agents: Mol. Pharmacol. 1997, 53(3), 445-55;
CA: 119:146497g, Lundberg: Conjugation of apolipoprotein B with liposomes and targeting to cells in culture: Biochem. Biophys. Acta 1993, 1149(2), 305-12;
CA: 110:72957e, Bisgaier et al: Effects of Apolipoproteins A-IV and A-I on the uptake of phospholipid liposomes by hepatocytes: J. Biol. Chem. 1989, 264 (2), 862-6;
CA: 107:121072m: JP 62-108811;
CA: 108:20100j: Mora et al.: Prelesional events in atherogenesis: Colocalization of apolipoprotein B, unesterified cholesterol and extracellular phospholipid liposomes in the aorta of hyperlipidemic rabbit: Atherosclerosis 1987, 67 (2-3), 143-54;
CA: 128:16330e: Allemann et al.: Kinetics of blood component adsorption on poly-(D,L-Lactic acid) nanoparticles: evidence of complement C3 component involvement: J. Biomed. Mater. Res. 1997, 37(2), 229-34;
Couvreur et al: Controlled Drug delivery with Nanoparticles: Current Possibilities and Future Trends: Eur. J. Pharm. Biopharm. 1995 41(1), 2-13, insb. S.10, linke Sp. oben;
Pardridge: Physiologic-based strategies for protein drug delivery to brain: J. Contr. Release 1996, 281-286, insbes. S.283, re. Sp. oben;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑳ Arzneistoffträgerpartikel für die gewebespezifische Arzneistoffapplikation
㉑ Die Anmeldung betrifft Arzneistoffträgerpartikel, die für die gewebespezifische Arzneistoffapplikation, speziell zum zentralen Nervensystem (ZNS), geeignet sind und in Wirkstoff-beladener oder Wirkstoff-freier Form vorliegen, wobei an die Partikeloberfläche mindestens ein Erkennungsprotein gebunden ist oder die Partikeloberfläche so modifiziert ist, daß bei Kontakt mit einem Erkennungsprotein dieses daran gebunden wird.

DE 197 45 950 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Arzneistoffträgerpartikel, die für die Gewebe spezifische Arzneistoffapplikation, speziell zum zentralen Nervensystem (ZNS), geeignet sind.

- 5 Die Therapie von Erkrankungen des ZNS wird durch die Blut-Hirn-Schranke, einer der wichtigsten und undurchlässigsten physiologischen Barrieren im Organismus, erschwert. Als morphologisches Substrat der Blut-Hirn-Schranke wird in erster Linie das Gefäßendothel der Hirnkapillaren angesehen, da die Interzellulärspalten zwischen den Endothelzellen durch dichte Zell-Zell-Verbindungen ("tight junctions") überbrückt sind. Die Endothelzellen sind darüber hinaus von einer lückenlosen Basalmembran umschlossen. Typisch für das Gewebe sind die fehlende Fenestrierung, die Abwesenheit von Poren und eine geringe pinocytotische Aktivität. Hinzu kommt, daß die Blutgefäße im Bereich des ZNS von einer dicht anliegenden Schicht von Gliazellen eingehüllt sind (Thews, G., Mutschler, E., Vaupel, P., Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie des Menschen, 3. Aufl., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1989; Borchard, G., in: Müller, R. H., Hildebrand, G. (Hrsg.), Pharmazeutische Technologie: Moderne Arzneiformen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1997, 291–296). Das Gehirn kann daher vom Blut aus in der Regel nur von lipophilen 10 Pharmaka mit einem geringen Molekulargewicht ($MG < 500$) erreicht werden (Pardridge, W. M., J. Control. Rel., 39, 281–286, 1996).

Für sehr viele Wirkstoffe wie z. B. Peptide, Proteine und Oligonukleotide als mögliche Therapeutika für Krankheiten des ZNS ist die Blut-Hirn-Schranke normalerweise nicht permeabel.

- 15 Nach Pardridge (J. Control. Rel., 39, 281–286, 1996) können die Strategien für einen Arzneistofftransport ins Gehirn eingeteilt werden in

- a) invasive,
- b) pharmakologische und
- c) physiologische Verfahren.

- 20 25 Mit invasiven Techniken kann die Blut-Hirn-Schranke physikalisch umgangen werden, indem z. B. ein Arzneistoffträgersystem ins Gehirn implantiert wird (Domb, A. J., Ringel, T., in: Flanagan, T. R., Emerich, D. F., Winn, S. R. (Hrsg.), Providing Pharmacological Access to the Brain. Academic Press, Inc., New York, 1994, 169–187; Friden, P. M., J. Control. Rel., 46, 117–128, 1996). Nachteilig bei diesen Techniken ist, daß sie mit einem chirurgischen Eingriff verbunden sind und sich deshalb nicht als gängige Behandlungsmethode etabliert haben.

- 30 Die pharmakologischen Strategien für einen Arzneistofftransport durch die Blut-Hirn-Schranke umfassen Maßnahmen zur Erhöhung der Lipophilie von Arzneistoffen (Chekhonin, V. P., Kabanov, A. V., Zhirkov, Y. A., Morozov, G. V., FEBS Lett., 287, 149–152, 1991). Nachteile dieser Verfahren sind, daß "new drug entities" entstehen, für die umfangreiche kostenintensive taxikologische Untersuchungen genutzt werden müssen, daß diese Verfahren nur für relativ kleine 35 Moleküle praktikabel sind und daß sie eine geringe Effizienz besitzt (Friden, P. M., J. Control. Rel., 46, 117–128, 1996; Pardridge, W. M., J. Control. Rel., 39, 281–286, 1996).

- 40 45 Die physiologischen Strategien für einen Arzneistofftransport ins Gehirn basieren auf der Kenntnis spezieller aktiver spezifischer Transportmechanismen an der Blut-Hirn-Schranke z. B. für Nährstoffe (u. a. Glucose und Aminosäuren), Peptide oder Proteine (Pardridge, W. M., Peptide Drug Delivery to the Brain, Raven Press, New York, 1991; Pardridge, W. M., J. Control. Rel., 39, 281–286, 1996; Friden, P. M., J. Control. Rel., 46, 117–128, 1996). Ein Beispiel ist L-Dopa als Vorstufe des Neurotransmitters Dopamin, welcher die Blut-Hirn-Schranke nicht zu überwinden vermag. L-Dopa hingegen wird durch einen aktiven Transportweg für neutrale Aminosäuren ("Neutrale Aminosäuren-Carrier") durch die Blut-Hirn-Schranke in die Zellen des Gehirns transportiert, wo die eigentliche Wirkform Dopamin gebildet wird (Mutschler, E., Arzneimittelwirkungen. Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie, 7. Aufl., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1996; Borchard, G., in: Müller, R. H., Hildebrand, G. (Hrsg.), Pharmazeutische Technologie: Moderne Arzneiformen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1997, 291–296). Aber auch dieser Ansatz hat sich aufgrund folgender Nachteile nicht auf breiter Ebene durchgesetzt:

- 50 1. die aktiven Transportmechanismen sind sehr Substrat-spezifisch, d. h., nur wenige Arzneistoffe mit großer Ähnlichkeit zum Substrat werden transportiert, was die Einsatzfähigkeit dieser Strategie sehr limitiert.
2. Konjugate aus natürlichem Substrat und Arzneistoff werden wegen der großen Spezifität des Transporters (chemische Struktur und dreidimensionale Struktur und Größe des zu transportierenden Substrats) nicht oder wenig effizient transportiert.

- 55 Ein weiterer Ansatz für die gewebe spezifische Arzneistoffapplikation, z. B. ins ZNS, ist die Herarbeitung von Arzneistoffen in partikuläre Arzneistoffträger wie Nanopartikel, Mikropartikel, Emulsionen und Liposomen sowie Verarbeitung zu partikulären Arzneiformen wie Hydrosole, Nanokristalle und Nanosuspensionen. Generell ist für intravenös injizierte Partikel die Überwindung von Endothelien aufgrund ihrer Größe (in der Regel $> 30 \text{ nm}$) noch schwieriger als für Arzneistoffmoleküle (Größe im Ångström-Bereich). So wird beispielsweise für Liposomen generell eine sehr begrenzte 60 Fähigkeit zur Penetration durch die Blut-Hirn-Schranke beschrieben (Gennuso, R., Spigelman, M. K., Chinol, M., Zappulla, R. A., Nieves, J., Vallabhajosula, S., Paciucci, P. A., Goldsmith, S. J., Holland, J. F., Cancer Invest., 11, 118–128, 1993; Boado, R. J., Adv. Drug Deliv. Rev., 15, 73–107, 1995; Boado, R. J., Proceed. Intern. Symp. Control. Rel. Bioact. Mater., 24, 223–224, 1997; Pardridge, W. M., J. Control. Rel., 39, 281–286, 1996).

- 65 66 Einen ersten Erfolg hinsichtlich der Applikation eines Arzneistoffs zum ZNS mit partikulären Trägern publizierten Alyautdin et al. (Alyautdin, R. N., Gothier, D., Petrov, V. E., Kharkevich, D. A., Kreuter, J., Eur. J. Pharm. Biopharm., 41, 44–48, 1995). Sie demonstrierten für i.v. applizierte Polybutylcyanoacrylat(PBCA)-Nanopartikel, auf deren Oberfläche die analgetisch wirksame Substanz Dalargin durch Adsorption gebunden wurde, einen dosisabhängigen analgetischen Effekt im "tail-flick-Test" an Mäusen. Das Hexapeptid Dalargin (Tyr-D-Ala-Gly-Phe-Leu-Arg) ist ein Leu-Enkephalin-

DE 197 45 950 A 1

Analogon und besitzt als Opioid-Rezeptor-Agonist eine zentral analgetische Wirkung. Dalargin kann normalerweise die Blut-Hirn-Schranke nicht überwinden.

Eine i.v. Applikation von Dalargin führt trotz der Stabilität im Blut auch in hoher Dosierung (20 mg/kg) zu keinem analgetischen Effekt (Kalenikova, E. I., Dmitrieva, O. F., Korobov, N. N., Zhukova, S. V., Tischenko, V. A., Vopr. Med. Khim., 34, 75–83, 1988).

In einer anderen Studie konnte im Rattenmodell nach intravenöser Injektion von oberflächenmodifizierten Polymethylmethacrylat-(PMMA)-Nanopartikeln eine Anreicherung der Partikel im Gehirnbereich detektiert werden (Fröster, S. D., Müller, U., Kreuter, J., Int. J. Pharm., 61, 85–100, 1990). Die Autoren hielten es aber für ausgeschlossen, daß die Partikel in Gehirnzellen aufgenommen werden, was eine Applikation von Arzneistoff ins Gehirn ausschließt.

Nachteilig ist, daß das von Alyautdin et al. (Eur. J. Pharm. Biopharm., 41, 44–48, 1995) und von Schröder und Sabel (Brain Res., 710, 121–124, 1996) berichtete Phänomen nicht für eine gezielte und kontrollierte Arzneistoffapplikation benutzt werden kann. Der Mechanismus ist nicht bekannt. Es bleibt nur die "Trial-und-Error-Vorgehensweise", um zu detektieren, ob eine Zunahme eines Tensids zu einem partikulären Träger vielleicht zufällig eine Anreicherung im Gehirn erzeugt. Die Wahrscheinlichkeit daß es dazu kommt ist gering, da Tenside oft in Partikelpräparationen eingesetzt wurden (Couvreur, P., Dubernet, C., Puiseux, F., Eur. J. Pharm. Biopharm., 41, 2–13, 1995) und bisher die obigen Beziehe die ersten Daten über eine Aufnahme eines Arzneistoffes in das Gehirn sind.

Für einen Arzneistofftransport spezifisch in das gewünschte Zielgewebe, insbesondere auch ins Gehirn, wäre eine Arzneiform optimal, die

1. die Spezifität eines Transportweges beispielsweise über Rezeptor-vermittelte Transzytose (physiologische Strategie) mit der hohen Transportkapazität partikulärer Arzneistoffträger, z. B. Liposomen, Emulsionen oder Nanopartikel, verbindet,
2. die Aufnahme des Arzneistoffes in das Gewebe – z. B. das Gehirn – über ein generell einsetzbares Erkennungs-molekül ermöglicht und
3. eine kontrollierte Befestigung des Erkennungsniroleküls an die Oberfläche von Partikeln erlaubt.

Der Vorteil von partikulären Arzneistoffträgern – im Gegensatz zu z. B. Molekulkonjugaten – liegt neben der hohen Transportkapazität in der Möglichkeit, über die Wahl der Trägermatrix (z. B. Polymer, Lipid, Phospholipid) und der Herstellungsbedingungen der Partikel viele in ihren physikochemischen Eigenschaften und ihrem Molekulargewicht unterschiedliche Arzneistoffe transportieren zu können (Borchard, G., in: Müller, R. H., Hildebrand, G. (Hrsg.), Pharmazeutische Technologie: Moderne Arzneiformen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1997, 291–296).

Der Erfolg liegt daher die Aufgabe zugrunde, Arzneistoffträgerpartikel zu schaffen, die in der Lage sind, die Blut-Hirn-Schranke zu überwinden und gewünschte Arzneiwirkstoffe in das ZNS einzuführen.

Diese Aufgabe wird gemäß Anspruch 1 durch Arzneistoffträgerpartikel, in Wirkstoff-beladener oder Wirkstoff-freier Form, gelöst, bei denen an die Partikeloberfläche mindestens ein Erkennungsprotein oder zumindest der den Rezeptor erkennende Anteil davon gebunden ist.

Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Als Partikelmaterial sind insbesondere Polymere, der Arzneistoff selbst (Nanosuspensionen, Hydrosole), feste Lipide, flüssige Lipide, o/w-Emulsionen, w/o/w-Emulsionen oder Phospholipidvesikel geeignet.

Arzneistoffträgerpartikel, die durch Bindung eines (auch natürlich im Blut vorkommenden) Erkennungsproteins an die Partikeloberfläche, vorzugsweise Apolipoprotein E, oder durch Bindung mehrerer Erkennungsproteine, modifiziert sind, können Arzneistoffe spezifisch zum Zielgewebe transportieren, insbesondere zum Zentralen Nervensystem (ZNS). Die Erkennungsproteine werden an die Partikeloberfläche adsorbiert, kovalent daran gebunden oder durch gezielte Modifikation der Partikeloberfläche (chemisch, physikalisch, Adsorption von der Adsorption des Erkennungsproteins vermittelnden Molekülen) präferentiell adsorbiert.

Die Adsorption der Erkennungsproteine kann vor Applikation der Arzneistoffträger erfolgen oder – nach entsprechender Modifikation der Oberfläche der Arzneistoffträger – auch *in vivo* im Körper. Im Körper vorhandene, physiologische Erkennungsproteine, insbesondere Apolipoprotein E, adsorbieren präferentiell auf applizierten Arzneistoffträgern, insbesondere auf mit speziellen Tensiden oder Polymeren modifizierten Trägern, die beispielsweise durch intravenöse Applikation in den Körper eingebracht worden sein können.

Das Erkennungsprotein kann durch unspezifische oder spezifische Adsorption an die Oberfläche der Partikel gebunden sein.

Ferner kann das Erkennungsprotein kovalent an die Oberfläche der Partikel gebunden sein. Dabei wird vorzugsweise eine Bindung an Partikel mit reaktiven Oberflächengruppen, insbesondere Epoxy- oder Aldehydgruppen, oder nach Aktivierung der Partikeloberfläche mit Aktivatoren, insbesondere Carbodiimid, N-Ethoxycarbonyl-2-ethoxy-1,2-dihydro-chinolin, Glutardialdehyd, Bromizyan, meta-Perjodat (Na-Salz oder K-Salz), Tosylchlorid und Chloranilicensäureester bewirkt. Dabei kann die Bindung der Erkennungsproteine über ihre Aminogruppen bewirkt werden.

Außerdem kann das Erkennungsprotein durch präferentielle Adsorption an die Oberfläche der Partikel gebunden sein. Dabei kann die präferentielle Adsorption aus Proteinlösungen oder durch Kontakt der Partikel mit Plasma, Serum oder Blut erfolgen, wobei letzteres auch *ex vivo* oder *in vivo* erfolgen kann.

Die Oberfläche der Partikel kann vorzugsweise vor der präferentiellen Adsorption durch Einführung funktioneller Gruppen, insbesondere Hydroxyl-, Carboxyl-, Amino-, Hydroxyethyl, Epoxy oder Aldehydgruppen und deren Derivate chemisch modifiziert werden oder durch physikalische Behandlung mit Plasma, insbesondere plasma etching, zur Einführung von Hydroxylgruppen in den Eigenschaften verändert werden.

Ferner kann die Oberfläche durch Adsorption von Substanzen modifiziert werden, die zu einer präferentiellen Adsorption des Erkennungsproteins führen, wobei die modifizierende Substanz im Verhältnis zum Arzneistoffpartikel in einer gewichtsbezogenen Menge von 0.01 Teile bis 10 modifizierende Substanz pro 1 Teil Partikel, vorzugsweise 0,1 bis 10 Teile modifizierende Substanz pro 1 Teil Partikel, und insbesondere 1 Teil modifizierende Substanz pro 1 Teil Partikel

DE 197 45 950 A 1

eingesetzt wird.

Geeignete Substanzen umfassen insbesondere Tenside, speziell ethoxylierten Tenside, vorzugsweise Polyethylenglykol-Fettsäureester und Polyethylenglykol-Fettalkoholether, bevorzugt Polyethylenglykol-Sorbitanfettsäureester und Polyethylenglykol-Fettsäureglyceride, bevorzugter Tween® 20, 40, 60 und 80 oder Cremophor® EL und RH40.

5 Geeignet sind beispielsweise auch Polymere, insbesondere Polymere aus den Poloxameren und Poloxaminen, Cellulosen und ihren Derivaten, vorzugsweise Methylcellulose, Hydroxyethylcellulose, Hydroxypropyl-Methylcellulose, Hydroxypropylcellulose, Carboxymethylcellulose-Natrium sowie Xanthan, Polyvinylalkohol, Polyvinylpyrrolidon, Polyacrylsäuren, Polyethylenglykolen, Polyethylenglykol-enthaltenden Block-Copolymeren, Stärke und -derivaten, Dexiran und -derivaten, Polyethylenimmin und Gelatine.

10 Das Erkennungsprotein ist vorzugsweise ein im Blut natürlich vorkommendes Erkennungsprotein. Bevorzugte Erkennungsproteine sind Apolipoprotein E, Apolipoprotein A-I, A-II, A-IV, B, C-II, C-III, D, H und/oder J. Das Erkennungsprotein ist vorzugsweise Apolipoprotein E, das in Kombination mit einem oder mehreren anderen Erkennungsproteinen vorliegen kann, insbesondere mit Apolipoprotein A-I, A-II, A-IV, B, C-II, C-III, D, H und/oder J, und/oder mit Albumin.

Apo C-II, Apo C-III, Apo A-IV, Apo-E werden vorzugsweise einzeln oder in Kombinationen von 2 oder 3 oder 4 Apolipoproteinen eingesetzt.

Das Erkennungsprotein wird, bezogen auf den Arzneistoffträger, im allgemeinen in einer Menge von 0,001 bis 40 Gew.-%, insbesondere von 0,01 bis 30 Gew.-% und bevorzugt von 0,1 bis 15 Gew.-% eingesetzt.

Für Apolipoprotein (Apo) E existieren verschiedene Rezeptoren, die zu der Familie der LDL-Rezeptoren gehören (Schneider, W. J., Nimpf, J., Curr. Opin. Lipid., 4, 205–209, 1993).

20 ApoE-Rezeptoren finden sich ebenfalls an der Blut-Hirn-Schranke. Im Liquor cerebrospinalis wird die Aufnahme von Lipoproteinen über zelluläre LDL-Rezeptoren nach bisherigen Erkenntnissen ausschließlich von ApoE vermittelt. ApoE wird vorwiegend in den Astrozyten synthetisiert und abgesondert. Diese Zellen exprimieren auch LDL-Rezeptoren (Boyles, J. K., Pitas, R. E., Wilson, E., Mahley, R. W., Taylor, J. M., J. Clin. Invest., 76, 1501–1513, 1985; Weisgraber, K. H., Roses, A. D., Strittmatter, J., Curr. Opin. Lipid., 5, 110–116, 1994).

25 Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß im Bereichen des Gehirns und der Blut-Hirn-Schranke verschiedene Rezeptor-Systeme existieren, die einen Transport von ApoE bzw. ApoE-haltigen Partikeln ins Gehirn ermöglichen könnten.

Um die Rolle des Proteins nachzuweisen, war zu zeigen, daß eine Anreicherung eines Partikels in einem Gewebe erfolgt, nachdem Bindung des für die Anreicherung als ursächlich angesehenen Apolipoproteins E an die Oberfläche des 30 Partikels vorgenommen wurde.

Für den Nachweis der Funktion von ApoE wurden Partikel eingesetzt, an deren Oberfläche ApoE aus Plasma nicht adsorbiert.

35 Verwendet wurden daher unmodifizierte Polybutylcyanoacrylat-(PBCA)-Partikel aus Beispiel 1, für welche die Abwesenheit von ApoE auf der Oberfläche nach Inkubation mit Plasma nachgewiesen wurde. Inkubation der Partikel mit einer Lösung von ApoE führte zu einer Adsorption auf der Oberfläche (Beispiel 2). Es ist somit möglich ApoE durch einen einfachen Adsorptionsprozeß an die Oberflächen partikulärer Träger zu binden.

Überraschend ist mit ApoE somit ein Protein identifiziert worden, das gleichzeitig

- 40 a) in relativ großer Menge auf gewebespezifischen Partikeln vorhanden war,
b) bei dessen Anwesenheit eine ZNS-Wirksamkeit auftrat (Beispiel 1),
c) bei dessen Abwesenheit eine ZNS-Wirksamkeit fehlte (Beispiel 4),
d) und mit dem aufgrund der in der Literatur beschriebenen Rezeptoren ein Erkennungs- und Vermittelungseffekt auch theoretisch möglich ist.

45 Die richtige Konformation des adsorbierten Erkennungsproteins (an den Rezeptor bindendes Molekülsegment in der zum Rezeptor passenden Molekülanordnung exponiert) ist von essentieller Bedeutung für den Transport zum Zielgewebe, hier das ZNS. Unter Zulassungsgesichtspunkten für Arzneimittel (Vermeidung einer "new entity") sollte das Erkennungsprotein – wenn möglich – an die Partikel nicht kovalent gebunden werden, da dies für jede Arzneiform bei der Zulassung eine neue Toxizitätsstudie erforderlich macht. Technologisch einfacher ist die Bindung durch Adsorption an die Oberfläche.

50 Probleme dabei sind:

1. Adsorbiert das ApoE an die Partikeloberfläche auch ohne Gegenwart eines Tensids wie z. B. Tween® 80, welches zur automatischen Anreicherung von ApoE führt?
2. Verbleibt ApoE bei Bindung durch Adsorption nach intravenöser Injektion auf der Partikeloberfläche?
3. Ist ApoE in der richtigen Konformation adsorbiert, so daß es an das Zielgewebe binden kann und eine ZNS-Wirksamkeit vermittelt?

Besonders die mögliche Verdrängung von ApoE von der Oberfläche (siehe 2.) und die Notwendigkeit der richtigen 60 Konformation des adsorbierten ApoE (siehe 3.) ließen es unwahrscheinlich erscheinen, daß ein Arzneistofftransport zum Gehirn erfolgen würde.

Präadsorbiertes ApoE könnte nach einer intravenösen Applikation möglicherweise von anderen Plasmaproteinen von der Partikeloberfläche verdrängt werden. Um diesen möglichen Verdrängungsprozeß zu simulieren und zu analysieren, wurden die Plasmaproteinadsorptionsmuster von PBCA-Partikeln bestimmt, an deren Oberfläche zuvor ApoE durch Adsorption gebunden worden war. Präadsorbiertes ApoE blieb auch nach nachträglicher Inkubation in Plasma auf der Oberfläche erhalten (Beispiel 3).

Der beobachtete analgetische Effekt resultiert aus einem Rezeptor-vermittelten Prozeß an der Blut-Hirn-Schranke. Daher muß auf der Oberfläche adsorbiertes ApoE in einer Konformation vorliegen, die eine Bindung an einen ApoE-Re-

zeptor zuläßt. Dies gilt für präadsorbiertes oder kovalent gebundenes ApoE ebenso wie für für ApoE-Moleküle, die durch Adsorption aus Plasma auf die Partikeloberfläche gelangen.

Tensidfreie PBCA-Partikel mit präadsorbiertem ApoE wurden im "tail-flick-Test" an Mäusen hinsichtlich ihres Potentials untersucht, Dalargin durch die Blut-Hirn-Schranke zu transportieren und einen analgetischen Effekt hervorzurufen. Unmodifizierte PBCA-Partikel waren nicht in der Lage, nach i.v. Applikation die Blut-Hirn-Schranke zu überwinden (Alyautdin, R. N., Gothier, D., Petrov, V. E., Kharkevich, D. A., Kreuter, J., Eur. J. Pharm., Biopharm., 41, 44-48, 1995; Kreuter, J., Alyautdin, R. A., Kharkevich, D. A., Ivanov, A., Brain Res., 674, 171-174, 1995; Schröder, U., Sabel, B. A., Brain Res., 710, 121-124, 1996; Alyautdin, R. N., Petrov, V. E., Langer, K., Berthold, A., Kharkevich, D. A., Kreuter, J., Pharm. Res., 14, 325-328, 1997). Die i.v. Applikation der PBCA-Nanopartikel mit präadsorbiertem ApoE führte jedoch zu einer analgetische Wirkung. 15 Minuten nach Injektion der Partikel wurde ein Effekt beobachtet, der 44% des maximal möglichen Effektes ausmachte (Beispiel 1). Entgegen den Erwartungen adsorbierte ApoE in der richtigen Konformation und blieb auch nach i.v. Injektion ausreichend stabil auf der Oberfläche adsorbiert, um Darargin in das ZNS zu transportieren.

Die Tatsache, daß unmodifizierte Partikel, an die vor der i.v. Applikation ApoE gebunden wurde, einen analgetischen Effekt erzeugen, belegt die Beteiligung von ApoE an dem erhöhten Transport der Dalargin-beladenen PBCA-Partikel durch die Blut-Hirn-Schranke.

Für ApoE wird ein Modell beschrieben, nach dem das Protein aus zwei strukturell verschiedenen Domänen besteht (Weisgraber, K. H., Adv. Prot. Chem., 45, 249-303, 1994; Weisgraber, K. H., Roses, A. D., Strittmatter, J., Curr. Opin. Lipid., 5, 110-116, 1994). Demnach besitzt ApoE eine amino-terminale globuläre (d. h. strukturell stabile) Domäne und eine carboxy-terminale labilere Domäne, die stärker zur Entfaltung ihrer Struktur neigt. Die N-terminale Domäne enthält den Teil des Proteins, der mit potentiellen Rezeptoren interagiert, die C-terminale Domäne ist für die Bindung an Lipide (z. B. in HDL) verantwortlich (Weisgraber, K. H., Adv. Prot. Chem., 45, 249-303, 1994). Überraschenderweise reichte die Affinität dieser C-terminalen Domäne zu Oberflächen aus, daß

- a) eine ausreichende Bindung von ApoE an die Partikeloberfläche stattfand,
- b) die Adsorption ausreichend stabil war um ApoE auch bei Kontakt mit Plasmaproteinen auf der Oberfläche präsent zu halten,
- c) die C-terminale Domäne und nicht die N-terminale Domäne auf der Oberfläche band und
- d) dadurch die Struktur der stabileren N-terminalen Domäne und damit die Affinität zu potentiellen Rezeptoren erhalten blieb.

Überraschend ist mit ApoE somit ein Protein identifiziert worden, das gleichzeitig

- an die Oberfläche eines Partikels adsorbiert,
- an die Oberfläche stabil gebunden bleibt und nicht vollständig durch andere Plasmaproteine verdrängt wird (z. B. nach intravenöser Injektion) und
- in der richtigen Konformation adsorbiert, so daß es an das Zielgewebe (in diesem Fall Blut-Hirn-Schranke und ZNS) binden kann und eine ZNS-Wirksamkeit des Arzneistoffes vermittelt.

Das oder die Erkennungsproteine können auf die Oberfläche unmodifizierter Partikel adsorbiert werden (Beispiel 2, PBCA-Partikel) oder alternativ nach vorheriger Modifikation der Oberfläche (Beispiel 2, PBCA-Partikel modifiziert durch adsorbiertes Tensid). Für die gewebespezifische Anreicherung im Gehirn müssen dafür gezielt Tenside ausgewählt werden, die beispielsweise ApoE an der Oberfläche anreichern (z. B. Tween, Beispiel 2), damit in vivo eine ZNS-Wirkung auftritt (Tabelle 1). Tenside, die dies nicht bewirken, wie Poloxamer 407 (Beispiel 4) ergeben in vivo auch keine Arzneistoffwirkung im ZNS (Tabelle 1).

Die Adsorption der Erkennungsproteine kann dabei ex vivo erfolgen (z. B. aus ApoE-Lösung, Plasma, Serum, Blut), um in vivo eine ZNS-Wirkung zu erzeugen (Beispiel 1). Nach gezielter Modifikation der Partikeloberfläche zur präferentiellen Adsorption von ApoE kann dies jedoch auch in vivo nach Kontakt mit Blut erfolgen (Tabelle 1).

Bei Arzneistoffträgern mit sehr hydrophiler Oberfläche kann es sein, daß die Affinität des Erkennungsproteins nicht ausreicht, um an die Oberfläche im ausreichenden Maß zu adsorbieren. Ebenso ist es möglich, daß das zur Bindung an den Rezeptor benötigte Molekülsegment adsorbiert (im Fall von ApoE z. B. die N-terminale Domäne). In diesen Fall können die Erkennungsproteine an funktionelle Gruppen der Oberfläche kovalent gebunden werden, wobei die Bindung an die Oberfläche über Molekülsegmente erfolgt, die für die Bindung an den Rezeptor des Zielgewebes nicht benötigt werden (im Fall von ApoE z. B. die C-terminale Domäne). Beispiele 5 und 6 zeigen die kovalente Bindung eines Erkennungsproteins an die Oberfläche eines Polymernanopartikels. Alternativ zur Anbindung des gesamten Erkennungsproteins können auch Teile des Moleküls verwandt werden, die den an den Rezeptor bindenden Molekülteil enthalten.

In nachfolgender Tabelle sind Beispiele von relevanten Aktivierungs- und Kopplungsreagentien für eine chemisch-kovalente Kopplung des Proteins an die Trägermatrix aufgelistet.

Folgende Substanzen werden für die chemische Aktivierung, als Vorstufe einer kovalenten Verknüpfung von funktionalen Gruppen eines Biomoleküls mit denen auf einem festen Träger, eingesetzt.

DE 197 45 950 A 1

<u>Partikel</u>	<u>Biomolekül</u>	<u>Substanz</u>
5	-COOH	-NH ₂
10		Carbodiimid (wasserlöslich) (1-Ethyl-3-(3-dimethyl- aminopropyl)-carbodiimid- hydrochlorid)
15	-COOH	-NH ₂
20		EEDQ (N-Ethoxycarbonyl- 2-ethoxy-1,2-dihydrochinolin)
25	-NH ₂	-NH ₂
30	-OH (in aq.)	-NH ₂
35	-CH ₂ -CH ₂ -OH	-NH ₂
40		meta-Perjodat (Na/K) JO ₄
45	-OH (in org.LM)	-NH ₂
50		Tosylchlorid
	-OH (in org.LM)	-NH ₂
		Chlorameisensäureester

Sogenannte "ready to use" - Partikel mit reaktiven Oberflächengruppen benötigen keine chemische Aktivierung als Kopplungsvorstufe:

40	-CH(O)-CH ₂	-NH ₂	-OH	-COOH	----
45	Epoxy-				
50	-CHO	-NH ₂			----
	Aldehyd				

Im allgemeinen können die Träger folgende chemische Wirkstoffgruppen enthalten:

- 55 - hydroxylierte Kohlenwasserstoffe
- Carbonylverbindungen wie Ketone (z. B. Haloperidol), Monosaccharide, Disaccharide und Aminozucker
- Carbonsäuren wie aliphatische Carbonsäuren, Ester aliphatischer und aromatischer Carbonsäuren, basisch substituierte Ester aliphatischer und aromatischer Carbonsäuren (z. B. Atropin, Scopolamin), Lactone (z. B. Erythromycin), Amide und Imide aliphatischer Carbonsäuren, Aminosäuren, aliphatische Aminocarbonsäuren, Peptide (z. B. Ciclosporin), Polypeptide, β -Lactamderivate, Penicilline, Cephalosporine, aromatische Carbonsäuren (z. B. Acetylsalicylsäure), Amide aromatischer Carbonsäuren, vinyloge Carbonsäuren und vinyloge Carbonsäureester
- 60 - Kohlensäurederivate wie Urethane und Thiourethane, Harnstoff und Harnstoffderivate, Guanidinderivate, Hydantoine, Barbitursäurederivate und Thiobarbitursäurederivate
- 65 - Nitroverbindungen wie aromatische Nitroverbindungen und heteroaromatische Nitroverbindungen
- Amine wie aliphatische Amine, Aminoglykoside, Phenylalkylamine, Ephedrinderivate, Hydroxyphenylethanamine, Adrenalinderivate, Amfetaminderivate, aromatische Amine und Derivate, quartäre Ammoniumverbindungen
- schwefelhaltige Verbindungen wie Thiole und Disulfane

DE 197 45 950 A 1

- Sulfone, Sulfonsäureester und Sulfonsäureamide
- Polycarbocyclen wie Tetracycline, Steroide mit aromatischem Ring A, Steroide mit alpha,beta-ungesättigter Carbonylfunktion im Ring A und alpha Ketol-Gruppe (oder Methylketo-Gruppe) am C-17, Steroide mit einem Butenolid-Ring am C-17, Steroide mit einem Pentadienolid-Ring am C-17 und Seco-Steroide 5
- O-haltige Heterocyclen wie Chromanderivate (z. B. Cromoglicinsäure)
- N-haltige Heterocyclen wie Pyrazolderivate (z. B. Propyphenazon, Phenylbutazon)
- Imidazolderivate (z. B. Histamin, Pilocarpin), Pyridinderivate (z. B. Pyridoxin, Nicotinsäure), Pyrimidinderivate (z. B. Trimetoprim), Indolderivate (z. B. Indometacin), Lysergsäurederivate (z. B. Ergotamin), Yohimbanderivate, Pyrrolidinderivate, Purinderivate (z. B. Allopurinol), Xanthinderivate, 8-Hydroxychinolin-derivate, Amino-hydroxy-alkylierte Chinoline, Aminochinoline, Isochinolinderivate (z. B. Morphin, Codein), Chinazolinlderivate, Benzopyridazinderivate, Pteridinderivate (z. B. Methotrexat), 1,4-Benzodiazepinderivate, tricyclische N-haltige Heterocyclen, Acridinderivate (z. B. Ethacridin) und Dibenzazepinderivate (z. B. Trimipramin)
- S-haltige Heterocyclen wie Thioxanthenderivate (z. B. Chlorprothixen)
- N,O- und N,S-haltige Heterocyclen wie monocyklische N,O-haltige Heterocyclen, monocyklische N,S-haltige Heterocyclen, Thiadiazinderivate, bicyclische N,S-haltige Heterocyclen, Benzothiadiazinderivate, tricyclische N,S-haltige Heterocyclen und Phenothiazinderivate 10
- O,P,N-haltige Heterocyclen (z. B. Cyclophosphamid). 15

Beispiele für speziell in die Träger einzuarbeitende Arzneistoffgruppen und Arzneistoffe (als Salz, Ester, Ether oder in freier Form) sind:

Analgetika/Antirheumatika

BTM Basen wie Morphin, Codein, Heroin, Piritramid, Diamorphin, Dihydrocodein, Hydromorphon, Hydrocodon, Pethidin, Fenpipramid, Piritramid, Clofedanol, Pentazocin, Buprenorphin, Nalbuphin, Tilidin, Fentanyl und Fentanylderivate, Levomethadon, Tramadol, Diclofenac, Ibuprofen, Indometacin, Naproxen, Piroxicam, Penicillamin, Ademetionin, Flu-pirtin, Acetylsalicylsäure 20

Antiallergika

Pheniranimin, Dimetinden, Terfenadin, Astemizol, Loratadin, Doxylamin, Meclozin, Bamipin, Clemastin

Antiasthmatische

Terbutalin, Beclomethason, Cromoglycinsäure, Reoproterol, Salbutamol, Nedocromil

Antibiotika/Chemotherapeutika

hiervon: Rifampicin, Amoxicillin, Azlocillin, Bacampicillin, Benzylpenicillin, Amikacin, Azithromycin, Ciprofloxacin, Norfloxacin, Polypeptidantibiotika wie Colistin, Polymyxin B, Teicoplanin, Vancomycin; Malariamittel wie Chinin, Halofantrin, Mefloquin, Chloroquin, Virusstatika wie Ganciclovir, Foscarnet, Zidovudin, Aciclovir und andere wie Brivudin, Dapson, Fosfomycin, Fusafungin, Trimetoprim, Amphotericin 30

Antidota

Mesna

Antiemetika

Tropisetron, Scopolamin, Thiethylperazin

Antiepileptika

Phenytoin, Mesuximid, Ethosuximid, Primidon, Phenobarbital, Valproinsäure, Carbamazepin, Clonazepam, Diazepam, Nitrazepam, Vigabatrin, Lamotrigin, Trimethadion, Sultiam 40

Antifibrinolytika

Aminomethylbenzoësäure

Antihypertonika/Betarezeptorenblocker/Calciumantagonisten/ACE-Hemmier

Bupranolol, Captopril, Fosinopril, Nitroprussidnatrium, Isradipin, Mepindolol 45

Antihypotonika

Cafedrin, Dihydroergotamin

Antikoagulantien

Heparin, Certoparin

Antimykotika

Nystatin, Natamycin, Amphotericin B, Flucytosin, Miconazol, Fluconazol, Itraconazol, Clotrimazol, Econazol, Tioconazol, Fenticonazol, Bifonazol, Oxiconazol, Ketoconazol, Isoconazol, Tolnaftat, Amorolfin, Terbinafin

Corticoide

Aldosteron, Fludrocortison, Betametason, Dexametason, Triamcinolon, Fluocortolon, Hydrocortison, Prednisolon, Prednylidien, Cloprednol, Methylpredinsolon 55

Diagnostika

a) radioaktive Isotope wie Te99m, In111 oder I131, kovalent gebunden an Lipide oder Lipoide oder andere Moleküle oder in Komplexen

b) hochsubstituierte iodhaltige Verbindungen wie z. B. Lipide

c) Megluminamidotrizoat, Iotroxinsäure, Natriumiopodat

Diuretika

Hydrochlorothiazid

Erythropoetin

Fibrinolytika

Urokinase

Hämostyptika/Antihämorrhagika

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

DE 197 45 950 A 1

Blutgerinnungsfaktoren VIII. IX

Hypnotika, Sedativa

Cyclobarital, Pentobarbital, Phenobarbital, Methaqualon (BTM), Benzodiazepine (Flurazepam, Midazolam, Nitrazepam, Lormetazepam, Flunitrazepam, Triazolam, Brotizolam, Temazepam, Loprazolam), Thalidomid, Zolpidem, Zopiclone, Diphenhydramin, Doxylamin, Temazepam

5 Hypophysen-, Hypothalamushormone, regulatorische Peptide und ihre Hemmstoffe

Corticotrophin, Tetracosactid, Choriongonadotropin, Urofollitropin, Urogenadotropin, Somatropin, Metergolin, Bromocriptin, Terlipressin, Desmopressin, Oxytocin, Argipressin, Ornipressin, Leuprorelin, Triptorelin, Gonadorelin, Buserelin, Nafarelin, Goselerin, Somatostatin, Quinagolide, Octreotidacetat, Lypressin

10 Immuntherapeutika und Zytokine

Dimepranol-4-acetatamidobenzoat, Thymopentin, α -Interferon, β -Interferon, γ -Interferon, Filgrastim, Interleukine, Azathioprin, Ciclosporin, Molgramostim, GM-CSF

Koronarmittel

Glyceroltrinitrat, Isosorbiddinitrat, Oxyfedrin

15 Lebertherapeutika

Sylimarin

Lipidsenkert

Pravastatin, Fluvastatin

Lokalanaesthetika

20 Butanilcain, Mepivacain, Bupivacain, Etidocain, Lidocain, Articain, Prilocain, Propipocain, Oxybuprocain, Tetracain, Benzocain

Migränenmittel

Proxibarbal, Lisurid, Methysergid, Dihydroergotamin, Clonidin, Ergotamin, Pizotifen, Sumatriptan

Muskelrelaxantien

25 Tubocurarin, Alcuronium, Pancuronium, Vecuronium, Atracurium, Suxamethonium, Dantrolen, Baclofen, Carisoprodol, Chlorzneazon, Memantin, Tizanidin

Narkosemittel

Methohexital, Propofol, Etonidat, Ketamin, Alfentanil, Thiopental, Droperidol, Fentanyl, Alfentanil, Sufentanil Nebenschilddrüsenhormone, Calciumstoffwechselregulatoren

30 Dihydrotachysterol, Calcitonin, Clodronsäure, Etidronsäure, Pamidronsäure

Neuropathiepräparate

α -Liponsäure

Prostaglandine

Alprostadil

35 Psychopharmaka

Benzodiazepine (Lorazepam, Diazepam), Clomethiazol,

Schilddrüsentherapeutika

1-Thyroxin, Carbimazol, Thiamazol, Propylthiouracil

Sera, Immunglobuline, Impfstoffe

40

a) Immunglobuline allgemein und spezifisch wie Hepatitis-Typen, Röteln, Cytomegalie, Tollwut, FSME, Varicella-Zoster, Tetanus, Rhesusfaktoren

b) Immunsera wie Botulismus-Antitoxin, Diphtherie, Gasbrand, Schlangengift, Skorpionsgift

c) Impfstoffe wie Influenza, Tuberkulose, Cholera, Diphtherie, Hepatitis-Typen, FSME, Röteln, Hämophilus influenzae, Masern, Neisseria, Mumps, Poliomyelitis, Tetanus, Tollwut, Typhus

45

Sexualhormone und ihre Hemmstoffe

Anabolika, Androgene, Antiandrogene, Gestagene, Estrogene, Antiestrogene (Tamoxifen etc.), Flutamid, Fosfestrol, Cyproteron, Formestan, Aminoglutethimid

50 Toxoplasmosemittel

Atovaquon

Urologika

Trospiumchlorid

Vitamine

55 Alfacalcidol, Vitamin A und -derivate, Vitamin E und -derivate, Ascorbinsäure

ZNS-Therapeutika

60 a) Neuroleptika wie Perazin, Promazin, Sulpirid, Thioridazin, Chlorpromixen, Levomepromazin, Prothipendyl, Chlorpromazin, Clopenthixol, Trifluromazin, Perphenazin, Trifluperazin, Pimozid, Reserpin, Fluphenazin, Haloperidol, Trifluperidol, Benperidol, Alimemazin, Fluphenazin, Flupentixol, Melperon, Bromperidol, Pipamperon, Clozapin, Risperidon,

b) Antidepressiva wie Imipramin, Desipramin, Trimipramin, Lofepramol, Clomipramin, Opipramol, Amitriptylin, Amitriptylinoxid, Nortriptylin, Dibenzepin, Doxepin, Maprotilin, Mianserin, Fluoxetin, Fluvoxamin, Paroxetin, Trazodon, Moclobemid, Tranylcypromin, Oxitriptan, Viloxazin, Hypericin, Lithiumsalze

65

c) Tranquillantien wie Meprobamat, Hydroxyzin, Benzodiazepine wie Chlordiazepoxid, Diazepam, Prazepam, Oxazepam, Dikalium-clorazepat, Lorazepam, Clonazepam, Bromazepam, Clotiazepam, Alprazolam, Clobazam, Buspiron

d) Psychostimulantien wie Coffein, Theophyllin, Theobromin, Amphetamine und verwandte Substanzen

DE 197 45 950 A 1

e) Stoffe zur Behandlung dementieller Syndrome wie Meclofenoxat, Nicergolin, Piracetam, Pyritinol, Tacrin, Memantin, Dihydroergotoxinmethansulfonat	5
f) Appetitzügler wie Nor-pseudoephedrin, Amfepranon, Mefenorex, Levopropylhexedrin, Fenfluramin, Dexfenfluramin	
g) Analgetika wie Doxapram, Fenetyllin	
h) Nervenwachstumsfaktor (Nerve growth factor), Naloxon, Dalargin	
i) Antiparkinsonmittel wie L-Dopa, Selegilin, Bromocriptin, Amantadin, Triaprid, Biperiden, Trihexyphenidyl, Procyclidin, Benzatropin, Orphenadrin, Bornaprin, Metixen, α -Dihydroergocryptin, Carbidopa	
Zystostatika und Metastasenhemmer	10
a) Alkylantien wie Nitustin, Melphalan, Carmustin, Lomustin, Cyclophosphamid, Ifosfamid, Trofosfamid, Chlorambucil, Busulfan, Treosulfan, Prednimustine, Thiotepa,	
b) Antimetabolite wie Cytarabin, Fluorouracil, Methotrexat, Mercaptopurin, Tioguanin	
c) Alkaloide wie Vinblastin, Vincristin, Vindesin	15
d) Antibiotika wie Aclarubicin, Bleomycin, Dactinomycin, Daunorubicin, Doxorubicin, Epirubicin, Idaubicin, Mitomycin, Plicamycin	
e) Komplexe von Nebengruppenelementen (z. B. Ti, Zr, V, Nb, Ta, Mo, W, Ru, Pt) wie Carboplatin, Cisplatin und Metallocenverbindungen wie Titanocenechlorid	
f) Anisacrin, Dacarbazine, Estramustine, Etoposide, Hydroxycarbamide, Mitoxanthron, Procarbazine, Temozolamide	20
g) Alkylanidophospholipide (beschrieben in J.M. Zeidler, F. Emeling, W. Zimmermann und Roth, H. J., Archiv der Pharmazie, 324, 687, 1991)	
h) Etherlipide wie Hexadecylphosphocholin, Ilnofosin und Analoga, (beschrieben in Zeisig, R., Arndt, D., Brachwitz, H., Pharmazie 45, 809–818, 1990)	
i) Taxane wie Paclitaxel und Docetaxel	25
j) Altretamin, Aminoglutethimide, Asparaginase, Hydroxycarbamide, Miltefosin	

Beispiele

Beispiel 1

Unmodifizierte, Dalargin-beladene PBCA-Nanopartikel waren nicht in der Lage, nach i.v. Applikation die Blut-Hirn-Schranke zu überwinden. Die i.v. Applikation dieser Nanopartikel mit präadsorbiertem ApoE an Mäuse führte jedoch in dem von Alyautdin et al. beschriebenen "tail-flick-Test" (Alyautdin, R. N., Gothier, D., Petrov, V. E., Kharkevich, D. A., Kreuter, J., Eur. J. Pharm. Biopharm., 41, 44–48, 1995) zu einer analgetischen Wirkung. 15 Minuten nach Injektion der Partikel wurde ein Effekt beobachtet, der 44% des maximal möglichen Effektes ausmachte (Berechnung des Effektes nach einer von Alyautdin et al. (Alyautdin, R. N., Gothier, D., Petrov, V. E., Kharkevich, D. A., Kreuter, J., Eur. J. Pharm. Biopharm., 41, 44–48, 1995) angegebenen Formel).

Beispiel 2

Es wurden ApoE-Lösungen (50 mg ApoE in 160 μ l NH₄HCO₃-Puffer (10 mM), pH 7.5, Calbiochem-Novabiochem, Nottingham, UK) in jeweils 500 μ l einer 6-prozentigen Suspension (m/V) von unmodifizierten und mit Tween® 80 modifizierten PBCA-Partikeln für 3 h bei 37°C (Tamada und Ikada, 1993) inkubiert. Die Partikel wurden durch Zentrifugation vom Dispersionsmedium separiert und viermal gewaschen. Das adsorbierte ApoE wurde mit von Hochstrasser et al. (Hochstrasse, D. F., Harrington, M. G., Hochstrasser, A.-C., Miller, M. J., Merrill, C. R., Anal. Biochem., 173, 424–435, 1988) beschriebenen solubilisierenden Lösungen von der Partikeloberfläche desorbiert. Jeweils 80 μ l der proteinhaltigen Lösungen wurden auf die Röhrchengale der 1. Dimension der 2-DE appliziert. Der Nachweis des adsorbierten ApoE erfolgte mit zweidimensionaler Elektrophorese (2-DE) nach Blunk (Blunk, T., Hochstrasser, D. F., Sanchez, J.-C., Müller, B. W., Müller, R. H., Electrophoresis, 14, 1382–1387, 1994).

Abb. 1 zeigt die resultierenden ApoE-Spots auf den 2-DE-Gelen der unmodifizierten und mit Tween® 80 modifizierten PBCA-Partikel. Die Anreicherung von ApoE ist dabei auf den unmodifizierten Partikeln am höchsten.

Beispiel 3

Um zu zeigen, daß andere Proteine das auf den PBCA-Partikeln präadsorbierte ApoE nach einer i.v. Applikation von der Partikeloberfläche nicht vollständig verdrängen, wurden die Partikel mit präadsorbiertem ApoE (vgl. Beispiel 2) gemäß dem Standardprotokoll für die 2-DE in Plasma inkubiert (5 min bei 37°C, nach Blunk, siehe Beispiel 2) und die resultierenden Adsorptionsmuster bestimmt. **Abb. 2** zeigt Ausschnitte aus dem 2-DE-Gel, die die ApoE-Spots enthalten.

Beispiel 4

Es wurden die Plasmaproteinadsorptionsmuster von PBCA-Partikeln bestimmt, die keine analgetische Wirkung von Dalargin im ZNS vermittelten. **Abb. 3** zeigt das mit unmodifizierten PBCA-Partikeln erhaltene Gel. Es wurde kein ApoE detektiert. **Abb. 4** zeigt das mit Poloxamer 407 modifizierten PBCA-Partikeln erhaltene Gel. Es wurde ebenfalls kein ApoE detektiert und somit gezeigt, daß es in Abwesenheit von ApoE zu keiner ZNS-Wirksamkeit kommt.

DE 197 45 950 A 1

Beispiel 5

Chemische Kopplung von Apolipoprotein E an carboxylierte Polymethyl-methacrylat-Nanopartikel

- 5 Ein mit Carboxylgruppen auf der Oberfläche funktionalisierter Polymethylmethacrylat-Latex (Partikeldurchmesser $65 \text{ nm} \pm 10\%$) wird nach 2 Waschschritten (30 000 rpm/10 min, 4°C) mit 0.01M Phosphat-Pufferlösung pH 6.5 auf 0.5% eingestellt. Bei 4°C werden 0.5 ml des Latex mit 300 µl Proteinlösung versetzt und 60 min inkubiert. Jetzt erfolgt die Zugabe von 10 mg wasserlöslichem Carbodiimid(1-Ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl)-carbodiimidhydrochlorid). Das Gemisch wird über Nacht (16h) auf einem Schüttler mit niedriger Frequenz bewegt. Durch Zentrifugation (30 000 10 rpm/10 min, 4°C) werden die Partikel vom Medium getrennt und in 0.1 M Glyzinpuffer pH 8.55 zu einem Feststoffgehalt von 0.5% auf genommen.

Beispiel 6

- 15 Chemische Kopplung von Apolipoprotein E an durch Einführung von Epoxy-Gruppen oberflächenfunktionalisierten Polymethylmethacrylat-Latex

Ein Kern-Schale-Latex (K: Polymethylmethacrylat; S: Polyglycidylmethacrylat) mit einem Partikeldurchmesser von 70 nm $\pm 10\%$ wird nach 2 Waschschritten (30 000 rpm/10 min, 4°C) mit 0.0025M Phosphatpuffer pH 8.0 auf 2% Feststoffgehalt eingestellt. Gleiche Volumina des Latex und einer 0.2%igen Proteinlösung werden für 3h bei 28°C auf einem Schüttler bewegt. Anschließend wird zentrifugiert (30 000 rpm/10 min, 4°C) und das Sediment in GBS-Puffer pH 8.0 aufgenommen, so daß der Latex einen Feststoffgehalt von 0.5% aufweist.

ZNS-Wirksamkeit von unmodifizierten und mit verschiedenen Tensiden oberflächenmodifizierten, mit Darlagin beladenen PBCA-Nanopartikeln nach intravenöser Gabe an Mäuse (Dalargin-Dosis: 10 mg/kg). Angegeben sind die analgetischen Effekte ausgedrückt als Prozentsatz vom maximal möglichen Effekt (% MME) (S: Standardabweichung, n=4) (Berechnungsformel nach Alyautdin, R. N., Gothier, D., Petrov, V. E., Kharkevich, D. A., Kreuter, J., Eur. J. Pharm. Biopharm., 41, 44–48, 1995)

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 1

oberflächen-modifizierendes Tensid	% MME (nach 15 min)	S	% MME (nach 45 min)	S
Tween 20	79,7	± 21,3	52,9	± 20,9
Tween 40	87,5	± 16,1	60,8	± 38,0
Tween 60	-7,1	± 24,2	45,5	± 36,6
Tween 80	100	± 0	10,5	± 14,9
Poloxamer 407	4,4	± 3,9	9,5	± 5,8
Poloxamer 908	-1,3	± 3,6	4,2	± 5,5
Poloxamer 188	8,1	± 5,9	3,3	± 3,4
Poloxamer 184	0,9	± 0,28	1,0	± 2,3
Poloxamer 338	0,2	± 0,5	1,4	± 3,9
Cremophor EL	10,9	± 13,1	8,6	± 8,7
unmodifizierte Partikel	2,3	± 1,6	3,7	± 11,7

Dalargin-Dosis: 7,5mg/kg

Abb. 1: Ausschnitte mit ApoE-Spots aus 2-DE-Gelen von unmodifizierten PBCA-Partikeln (links) und von mit Tween 80 modifizierten PBCA-Partikeln (rechts) jeweils nach Präadsorption von ApoE. Durch das adsorbierte ApoE besaßen auch die unmodifizierten Partikel eine ZNS-Wirksamkeit (Beispiel 2).

Abb. 2: Ausschnitt-aus dem 2-DE-Gel von unmodifizierten PBCA-Partikeln mit präadsorbiertem ApoE nach Inkubation in Plasma (Beispiel 3).

Abszisse: nicht linearer Gradient pI 4.5-6,0

Ordinate: nicht linearer Gradient MG 25 000-46 000

Abb. 3: 2-DE-Gel von unmodifizierten PBCA-Partikeln ohne ZNS-Wirksamkeit (Beispiel 4).

(1) Albumin, (2) α 1-Antitrypsin, (3) Fibrinogen γ , (4) ApoA-IV, (5) ApoJ, (7) ApoA-I

Abszisse: nicht linearer Gradient pI 4.5-6,5

Ordinate: nicht linearer Gradient MG 25 000-75 000

Abb. 4: 2-DE-Gel von mit Poloxamer 407 modifizierten PBCA-Partikeln ohne ZNS-Wirksamkeit (Beispiel 4)

(1) Albumin, (2) α 1-Antitrypsin, (4) ApoA-IV, (5) ApoJ, (7) ApoA-I

Abszisse: nicht linearer Gradient pI 4.5-6,5

Ordinate: nicht linearer Gradient MG 25 000-75 000

Patentansprüche

- Arzneistoffträgerpartikel, in Wirkstoff-beladener oder Wirkstoff-freier Form, dadurch gekennzeichnet, daß an die Partikeloberfläche mindestens ein Erkennungsprotein oder zumindest ein Rezeptor-erkennender Molekülteil davon gebunden ist.
- Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Partikelmaterial Polymere, den Arzneistoff (Nanosuspensionen, Hydrosole), feste Lipide, flüssige Lipide, o/w-Emulsionen, w/o/w-Emulsionen oder Phospholipidvesikel umfaßt.
- Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Erkennungsprotein durch unspezifische oder spezifische Adsorption an die Oberfläche der Partikel gebunden ist.

DE 197 45 950 A 1

4. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Erkennungsprotein kovalent an die Oberfläche der Partikel gebunden ist.
5. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das die Bindung an Partikel mit reaktiven Oberflächengruppen, insbesondere Epoxy- oder Aldehydgruppen, oder nach Aktivierung der Partiktoberfläche mit Aktivatoren, insbesondere Carbodiimid, N-Ethoxycarbonyl-2-ethoxy-1,2-dihydrochinolin, Glutardialdehyd, Bromizyan, meta-Perjodat (Na-Salz oder K-Salz), Tosylchlorid und Chlorameisensäureester, bewirkt worden ist.
10. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das die Bindung der Erkennungsproteine über ihre Aninogruppen bewirkt worden ist.
10. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Erkennungsprotein durch präferentielle Adsorption an die Oberfläche der Partikel gebunden ist.
15. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die präferentielle Adsorption aus Proteinlösungen oder durch Kontakt der Partikel mit Plasma, Serum oder Blut erfolgt, wobei letzteres auch ex vivo oder in vivo erfolgen kann.
15. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Partikel vor der präferentiellen Adsorption durch Einführung funktioneller Gruppen, insbesondere Hydroxyl-, Carboxyl-, Amino-, Hydroxyethyl, Epoxy oder Aldehydgruppen und deren Derivate chemisch modifiziert wurde oder durch physikalische Behandlung mit Plasma, insbesondere plasma etching, zur Einführung von Hydroxylgruppen in den Eigenschaften verändert wurde.
20. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche durch Adsorption von Substanzen modifiziert wurde, die zu einer präferentiellen Adsorption des Erkennungsproteins führen, wobei die modifizierende Substanz im Verhältnis zum Arzneistoffpartikel in einer gewichtsbezogenen Menge von 0.01 Teile bis 10 modifizierende Substanz pro 1 Teil Partikel, vorzugsweise 0.1 bis 10 Teile modifizierende Substanz pro 1 Teil Partikel, und insbesondere 1 Teil modifizierende Substanz pro 1 Teil Partikel eingesetzt wird.
25. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Oberfläche durch die Adsorption von Tensiden, insbesondere ethoxylierten Tensiden, vorzugsweise Polyethylenglykol-Fettsäureestern und Polyethylenglykol-Fettalkoholethern, bevorzugt Polyethylenglykol-Sorbitanfettsäureestern und Polyethylenglykol-Fettsäureglyceriden, bevorzugter Tween® 20, 40, 60 und 80 oder Cremophor® EL und RH40 modifiziert worden ist.
30. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Oberfläche durch die Adsorption von Polymeren, insbesondere Polymeren aus der Poloxameren und Poloxaninen, Cellulosen und ihren Derivaten, vorzugsweise Methylcellulose, Hydroxyethylcellulose, Hydroxypropyl-Methylcellulose, Hydroxypropylcellulose, Carboxymethylcellulose-Natrium sowie Xanthan, Polyvinylalkohol, Polyvinylpyrrolidon, Polyacrylsäuren, Polyethylenglykolen, Polyethylenglykol-enthaltenden Block-Copolymere, Stärke und -derivaten, Dextran und -derivaten, Polyethylenimmin und Gelatine modifiziert worden ist.
35. Arzneistoffträgerpartikel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Erkennungsprotein ein im Blut natürlich vorkommendes Erkennungsprotein ist.
35. Arzneistoffträgerpartikel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Erkennungsprotein Apolipoprotein E, Apolipoprotein A-I, A-II, A-IV, B, C-II, C-III, D, H und/oder J ist.
40. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Erkennungsprotein Apolipoprotein E in Kombination mit einem oder mehreren anderen Erkennungsproteinen vorliegt, insbesondere mit Apolipoprotein A-I, A-II, A-IV, B, C-II, C-III, D, H und/oder J, und/oder mit Albumin.
40. Arzneistoffträgerpartikel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Apo C-II, Apo C-III, Apo A-IV, Apo-E einzeln oder in Kombinationen von 2 oder 3 oder 4 Apolipoproteinen eingesetzt werden.
45. Arzneistoffträgerpartikel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Erkennungsprotein, bezogen auf den Arzneistoffträger, in einer Menge von 0.001 bis 40 Gew.-%, insbesondere von 0,01 bis 30 Gew.-% und bevorzugt von 0,1 bis 15 Gew.-% vorhanden ist.
45. Arzneistoffträgerpartikel nach Anspruch 17 zur verlängerten Zirkulationszeit im Blut, die eine Menge an ApoE enthalten, die für eine Anreicherung im ZNS nicht groß genug ist, oder kein ApoE in Kombination mit einem oder mehreren der Apolipoproteine A-I, A-II, A-IV, C-II und C-III umfassen.
50. Arzneistoffträgerpartikel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie in Form von festen oder flüssigen Teilchen, von Suspensionen oder Emulsionen fester oder flüssiger Teilchen vorliegen, die vorzugsweise amorphe oder kristalline Nano- oder Mikropartikel, o/w-Emulsionen, w/o/w-Emulsionen oder Liposomen umfassen, oder von Nonosuspensionen oder Hydrosolen vorliegen.
50. Verwendung von Arzneistoffträgerpartikeln gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche zur Herstellung von Arzneimitteln.
55. Verwendung von Arzneistoffträgerpartikeln nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Arzneimittel im zentralen Nervensystem anreicherbar sind.
55. Verwendung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Arzneimittel in Geweben, an Zielorten oder in Zellen, insbesondere im Knochenmark, in der Leber, in der Milz, in Tumorgeweben, in Tumormetastasen sowie in sämtlichen Zellen des Blutes – kernkaltig und kernlos anreicherbar sind.
60. Verwendung des Arzneistoffträgerpartikels nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Arzneimittel über einen längeren Zeitraum im Blut zirkulierbar sind.
60. Verwendung von Erkennungsproteinen oder Rezeptor-erkennenden Molekülteilen davon zur Herstellung von Arzneimitteln bei der sie an die Oberfläche der jeweiligen Arzneimittelträger gebunden werden.
65. Verwendung von wirkstoff-freien oder wirkstoff-beladenen Partikeln zur Bindung an mindestens ein Erkennungsprotein oder einen Rezeptor-erkennenden Molekülteile davon zur Herstellung von Arzneimitteln, wobei die

DE 197 45 950 A 1

Bindung an der Oberfläche der jeweiligen Partikel erfolgt.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

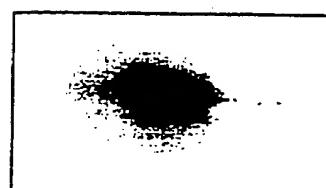


Abb. 1

BEST AVAILABLE COPY

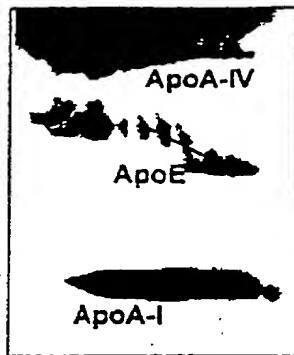


Abb. 2

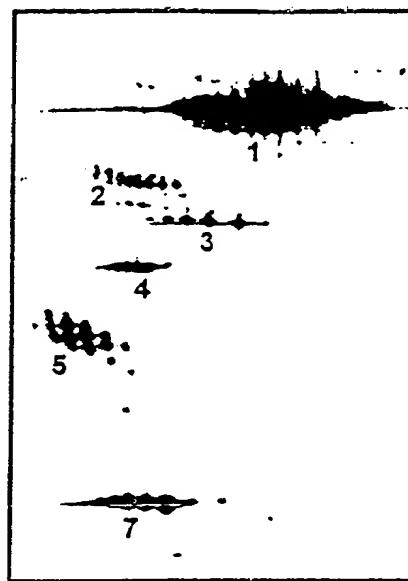


Abb. 3

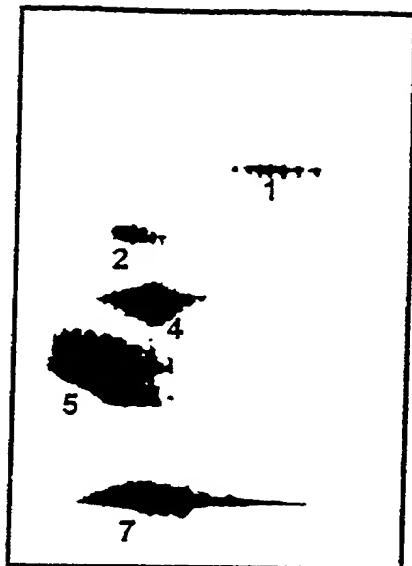


Abb. 4